



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**ANALÝZA VARIANT PROVEDENÍ STROPNÍ
KONSTRUKCE**

ANALYSIS OF VARIANTS CEILING STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Polák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vojtěch Polák
Název	Analýza variant provedení stropní konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových kci. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V zadaném objektu rodinného domu navrhnete stropní konstrukci ve variantě monolit a panel, posudíte průvlak a schodiště. Provedete statické řešení, dimenzování a cenové srovnání variant v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu provedete v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujete výkres tvaru stropní konstrukce a podrobné výkresy výztuže.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a cenovým srovnáním části zděného rodinného domu. Konkrétně jde o návrh schodiště a stropní desky nad 1.NP ve variantách stropní panel, železobetonová deska s vnitřními nosnými stěnami, železobetonová deska s vnitřními nosnými sloupy. Vytvoření modelů a vyšetření vnitřních sil bylo provedeno v programu RFEM. Výsledkem jsou výkresy výztuže, výkres sestavy dílců a cenové srovnání variant.

KLÍČOVÁ SLOVA

Monolitická železobetonová stropní deska, železobetonové schodiště, stropní panel, železobetonový průvlak, zatížení, vnitřní síly

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design and price comparison of a part of a brick family house. Specifically, it is a design of a staircase and ceiling slab above the 1st floor in the variants of ceiling panels, reinforced concrete slab with internal loadbearing walls, reinforced concrete slab with internal loadbearing columns. Creation of models and examinations of internal forces was performed in the RFEM program. The result is reinforcement drawings, part assembly drawings and price comparisons of variants.

KEYWORDS

Cast-in-place reinforced slab, cast-in-place reinforced concrete staircase, precast floor slab, reinforced concrete beam, load, internal forces

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Vojtěch Polák *Analýza variant provedení stropní konstrukce*. Brno, 2020. 32 s., 99 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Analýza variant provedení stropní konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 5. 2020

Vojtěch Polák
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Analýza variant provedení stropní konstrukce* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16. 5. 2020

Vojtěch Polák
autor práce

PODĚKOVÁNÍ:

V první řadě bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Ivaně Švaříčkové Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým přátelům, za podporu po celou dobu studia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Polák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2020

OBSAH

ÚVOD	11
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU	12
1.1. POPIS OBJEKTU	12
1.2. SVISLÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY	12
1.3. VODOROVNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY	12
1.4. SCHODIŠTĚ	12
2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	12
2.1. BETON C25/30	12
2.2. OCEL B500B	13
2.3. STROPNÍ PANEL	13
3. VARIANTA A	13
3.1. ZATÍŽENÍ	13
3.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU	13
3.1.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU	13
3.2. ZATĚŽOVACÍ STAVY	13
3.3. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	14
3.4. VOLBA MODELU DESKY	15
3.5. VNITŘNÍ SÍLY	15
3.6. DIMENZOVÁNÍ	16
4. VARIANTA B	16
4.1. ZATÍŽENÍ	16
4.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU	16
4.1.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU	16
4.2. ZATĚŽOVACÍ STAVY	17
4.3. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	17
4.4. VOLBA MODELU DESKY	18
4.5. VNITŘNÍ SÍLY	18
4.6. DIMENZOVÁNÍ	20
5. VARIANTA C	20
5.1. STROPNÍ PANEL	20
5.1.1. ZATÍŽENÍ	20
5.1.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA PANEL	20
5.1.1.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA PANEL	20
5.1.2. NÁVRH	20
5.2. STROPNÍ PRŮVLAK	21
5.2.1. ZATÍŽENÍ	21
5.2.1.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK	21

5.2.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK	21
5.3.ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	21
5.4.KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ.....	21
5.5.VOLBA MODELU PRŮVLAKU	22
5.6.VNITŘNÍ SÍLY	22
5.7.POROVNÁNÍ S RUČNÍM VÝPOČTEM	24
5.8.DIMENZOVÁNÍ.....	24
6. POLOŽKOVÝ ROZPOČET.....	24
7. SCHODIŠTĚ	24
7.1.ZATÍŽENÍ	25
7.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA SCHODIŠTĚ	25
7.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA SCHODIŠTĚ	25
7.2.VOLBA MODELU SCHODIŠTĚ.....	25
7.3.VNITŘNÍ SÍLY	25
7.4.KOMBINACE VÝSLEDKŮ	25
7.5.DIMENZOVÁNÍ	26
ZÁVĚR.....	27
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	28
SEZNAM OBRÁZKŮ	29
SEZNAM ZKRATEK	30
SEZNAM PŘÍLOH	32

ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem dílčích částí konstrukce zděného rodinného domu. Konkrétně se bude jednat o návrh monolitického schodiště a návrh a cenové porovnání stropní konstrukce ve variantách monolitická stropní deska s vnitřními nosnými stěnami, monolitická stropní deska s vnitřními nosnými sloupy a prefabrikované stropní panely.

Veškeré modelování a výpočet vnitřních sil proběhne v programu Dlubal RFEM 5.19.01. První část se zabývá návrhem a dimenzování monolitických desek a prefabrikovaných panelů a stropního průvlaku, který bude srovnán s ručním výpočtem. Další část bakalářské práce se bude věnovat návrhu a dimenzování schodiště.

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU

1.1. POPIS OBJEKTU

Jedná se o jednopodlažní samostatně stojící rodinný dům s obytným podkrovím. Stavba má půdorysně tvar obdélníka 11,9 x 8,3 m s přístavkem zádveří a přístřeškem na zahradní nářadí půdorysných rozměrech 2,4 x 8,6 m.

Základy betonové, svislé nosné konstrukce jsou z pórobetonového zdiva. Dům je kryt sedlovým krovem ze smrkového řeziva. Na konstrukci krovu bude zavěšen sádkartonový podhled. Střecha bude kryta pálenou střešní taškou.

Opláštění je navrženo jako kontaktní zateplovací systém z EPS tloušťky 150 mm.

Spojení mezi patry zajišťuje železobetonové deskové schodiště.

1.2. SVISLÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY

V rámci bakalářské práce není řešen návrh svislých konstrukcí.

Dle předběžného návrhu je obvodové zdivo tvořeno pórobetonovými tvárnicemi tloušťky 300 mm, vnitřní nosné jsou z pórobetonových tvárnic tloušťky 250 mm, až na vnitřní nosnou stěnu, která nese průvlak ta je tvořena pórobetonovými tvárnicemi tloušťky 300 mm.

Sloup, který podpírá průvlak je z vápenopískových tvárnic tloušťky 300 mm.

Sloupy u varianty A jsou železobetonové 300 x 300 mm.

1.3. VODOROVNÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY

Stropní konstrukce je navrhována ve třech variantách:

- A. Železobetonová monolitická deska tloušťky 200 mm podepřená po obvodě a vnitřními sloupy
- B. Železobetonová monolitická deska tloušťky 250 mm podepřená po obvodě a vnitřními stěnami
- C. Prefabrikované panely tloušťky 160 mm

1.4. SCHODIŠTĚ

Schodiště je navrženo jako monolitické železobetonové deskové se stupni betonovanými zároveň s deskou. Schodiště je dvouramenné, nástupní rameno je vetknuté do prvního stupně a prostě uložené do obvodové stěny, výstupní rameno je prostě uložené do obvodové stěny a vetknuté do stropní desky.

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

2.1. BETON C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 25/1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/\gamma_c = 1,8/1,5 = 1,2 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

2.2.OCEL B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 434,78/200 \cdot 10^3 = 2,174 \text{ ‰}$$

2.3.STROPNÍ PANEL

Použit bude stropní panel Spiroll tloušťky 160 mm.

3. VARIANTA A

3.1.ZATÍŽENÍ


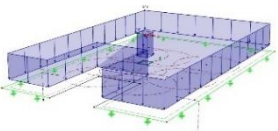

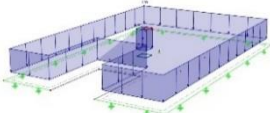
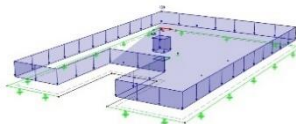
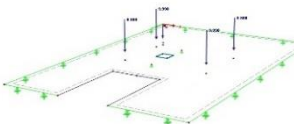
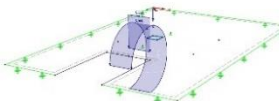
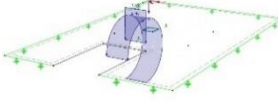
3.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU

- plošné zatížení od vlastní tíhy konstrukce
- plošné zatížení od skladby podlahy a podhledu
- osamělé síly od sloupků krovu
- síla a moment od schodiště

3.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU

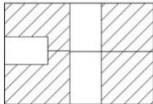
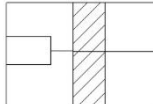
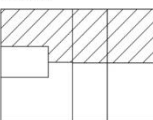
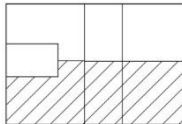
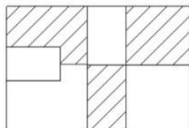
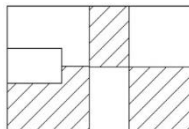
- plošné užité zatížení kategorie A
- plošné zatížení příčkami
- osamělé síly od sněhu přenášené sloupkem od krovu
- síla a moment od užitého zatížení schodiště

3.2.ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – VL. TÍHA	ZS2 – STÁLÉ OD PODLAHA	ZS3 – STÁLÉ OD KROVU	ZS4 – UŽITNÉ
			
ZS5 – PŘÍČKY	ZS6 – SNÍH	ZS7 – STÁLÉ OD SCHODŮ	ZS8 – UŽITNÉ OD SCHODŮ
			

3.3.KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použito vztahu 6.10. dle ČSN EN 1990 [5]. Kombinace jsou voleny tak aby vyvodili nejnepříznivější účinek.

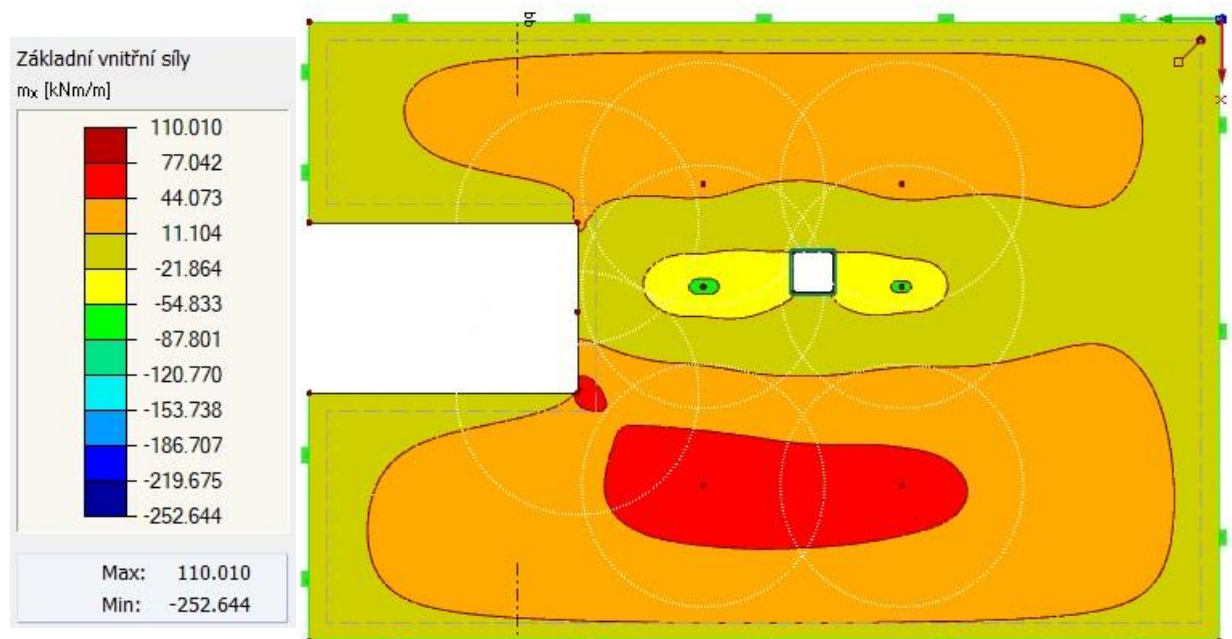
OZN. kombinace	Kombinace zatížení
KZ1	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ2	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ3	$1,0 \cdot ZS1 + 1,0 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS8$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-1</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-1</div>
KZ4	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ5	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ6	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-2</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-2</div>
KZ7	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ8	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ9	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-3</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-3</div>
KZ10	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-4</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-4</div>
KZ11	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ12	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-5</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-5</div>
KZ13	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ14	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-6</small>  </div> <div style="text-align: center;">ŠACH-6</div>
KZ15	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$

3.4.VOLBA MODELU DESKY

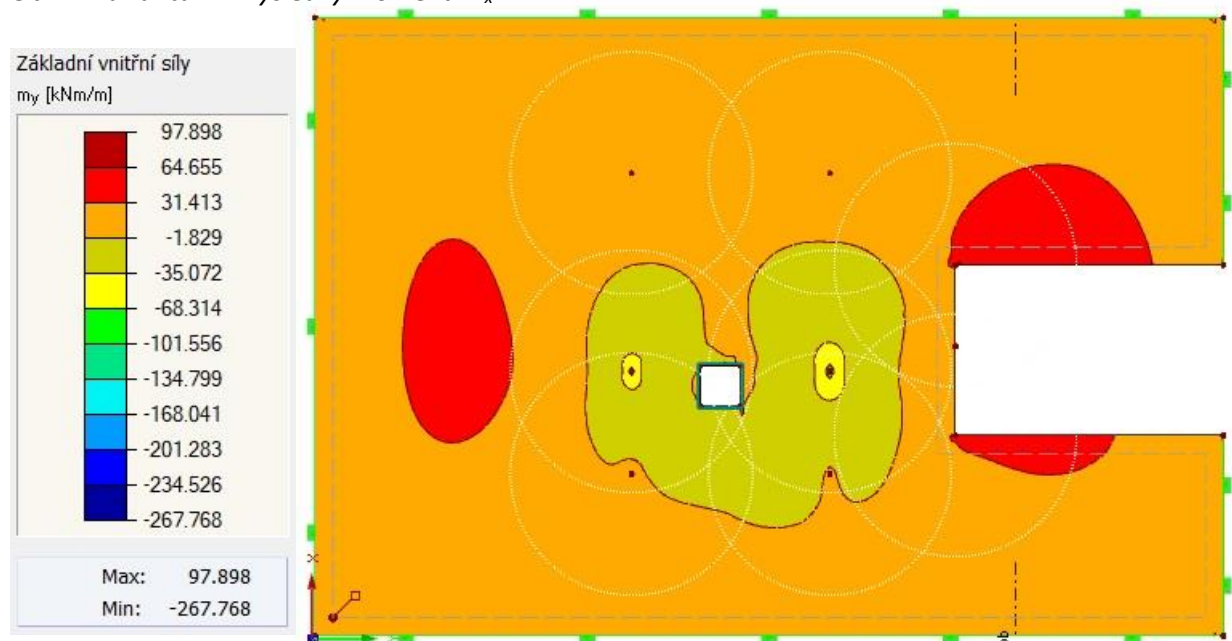
Jelikož jsou obvodové konstrukce zděné uvažují desku po obvodě prostě uloženou. Sloupy jsou betonové, ale jsou provázány s deskou jen konstrukčně uvažují desku prostě uloženou i na sloupy.

3.5.VNITŘNÍ SÍLY

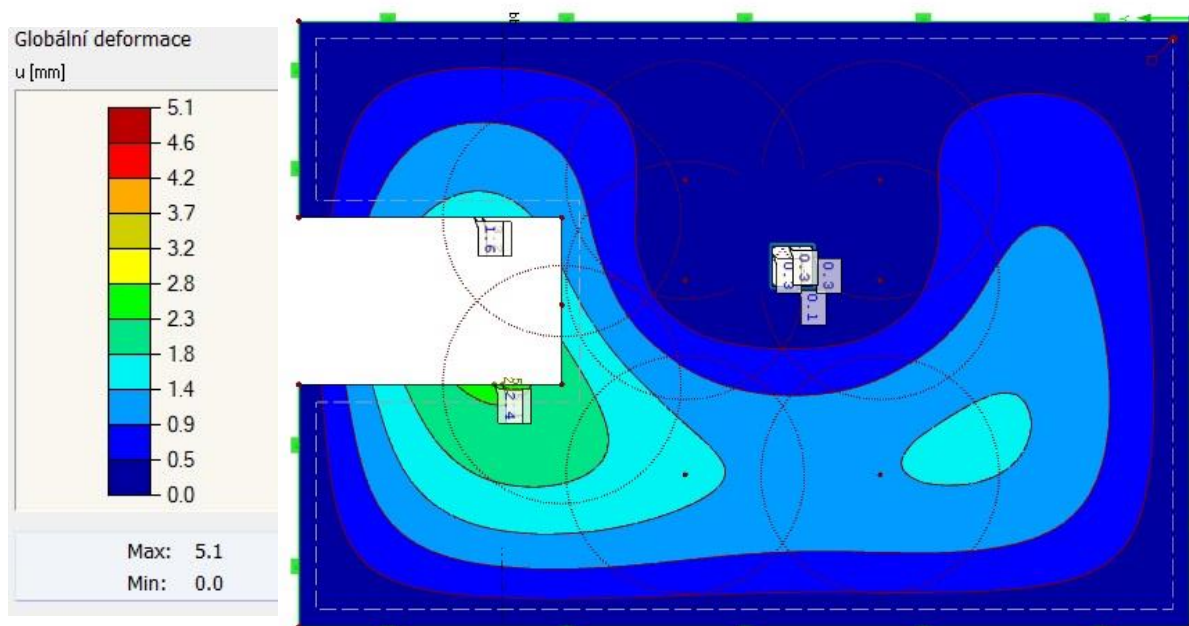
Následující obrázky jsou generovány programem Dlubal RFEM, který byl použit pro výpočet vnitřních sil metodou konečných prvků. Zobrazené základní vnitřní síly (ohybové momenty) slouží pouze pro představu momentových zatížení na desku. Později pro dimenzování bude využito hodnot návrhových vnitřních sil (ohybových momentů), které zahrnují i vliv kroutících momentů.



Obr. 1 Varianta A – výsledky moment M_x



Obr. 2 Varianta A – výsledky moment M_y



Obr. 3 Varianta A – výsledky deformace u

3.6.DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování výztuže desky je věnována příloha P3. *Statický výpočet B1.*

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1 [6].

Návrh výztuže stropní desky D1 je proveden na základě návrhových vnitřních sil z výpočetního programu Dlubal RFEM. Je navržena základní síť při spodním a horním povrchu desky, která je v místech vyššího namáhání doplněna o příložky. Jak základní síť, tak příložky jsou navrženy z ocelových prutů průměru 12 mm.

Smyková výztuž proti protlačení není potřeba. Únosnost desky vyhověla.

4. VARIANTA B

4.1.ZATÍŽENÍ

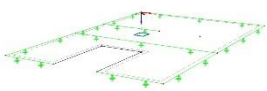
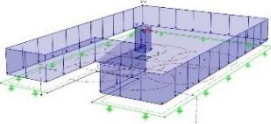
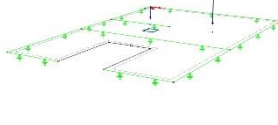
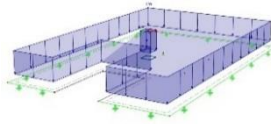
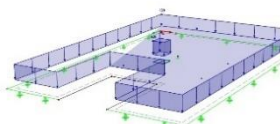
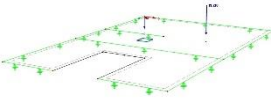
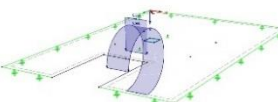
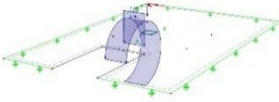
4.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU

- plošné zatížení od vlastní tíhy konstrukce
- plošné zatížení od skladby podlahy a podhledu
- osamělá síla od sloupků krovu
- síla a moment od schodiště

4.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA DESKU

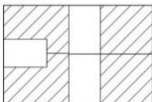
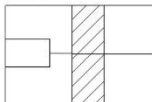
- plošné užité zatížení kategorie A
- plošné zatížení příčkami
- osamělá síla od sněhu přenášená sloupkem od krovu
- síla a moment od užitého zatížení schodiště

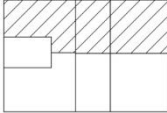
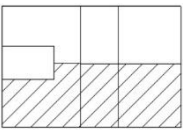
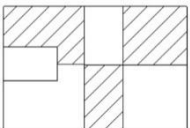
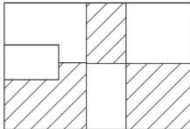
4.2.ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – VL. TÍHA	ZS2 – STÁLÉ OD PODLAHA	ZS3 – STÁLÉ OD KROVU	ZS4 – UŽITNÉ
			
ZS5 – PŘÍČKY	ZS6 – SNÍH	ZS7 – STÁLÉ OD SCHODŮ	ZS8 – UŽITNÉ OD SCHODŮ
			

4.3.KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použito vztahu 6.10. dle ČSN EN 1990 [5]. Kombinace jsou voleny tak aby vyvodili nejnepříznivější účinek.

OZN. kombinace	Kombinace zatížení
KZ1	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ2	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ3	$1,0 \cdot ZS1 + 1,0 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS8$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-1</small>  <small>ŠACH-1</small> </div>
KZ4	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ5	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ6	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
	<div style="text-align: center;"> <small>SACH-2</small>  <small>ŠACH-2</small> </div>
KZ7	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ8	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ9	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5$

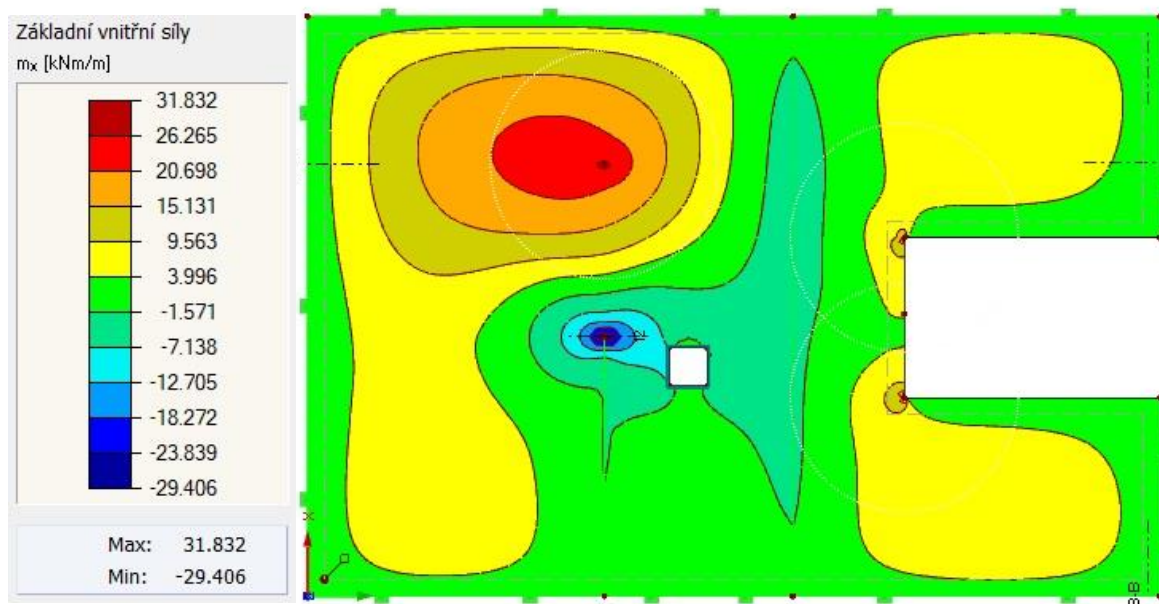
	<div style="text-align: center;">  SACH-3 </div>
KZ10	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;">  SACH-4 </div>
KZ11	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS8$
KZ12	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;">  SACH-5 </div>
KZ13	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6$
KZ14	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,0 \cdot ZS3 + 1,0 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5$
	<div style="text-align: center;">  SACH-6 </div>
KZ15	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + 1,35 \cdot ZS7 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5 \cdot ZS8$

4.4.VOLBA MODELU DESKY

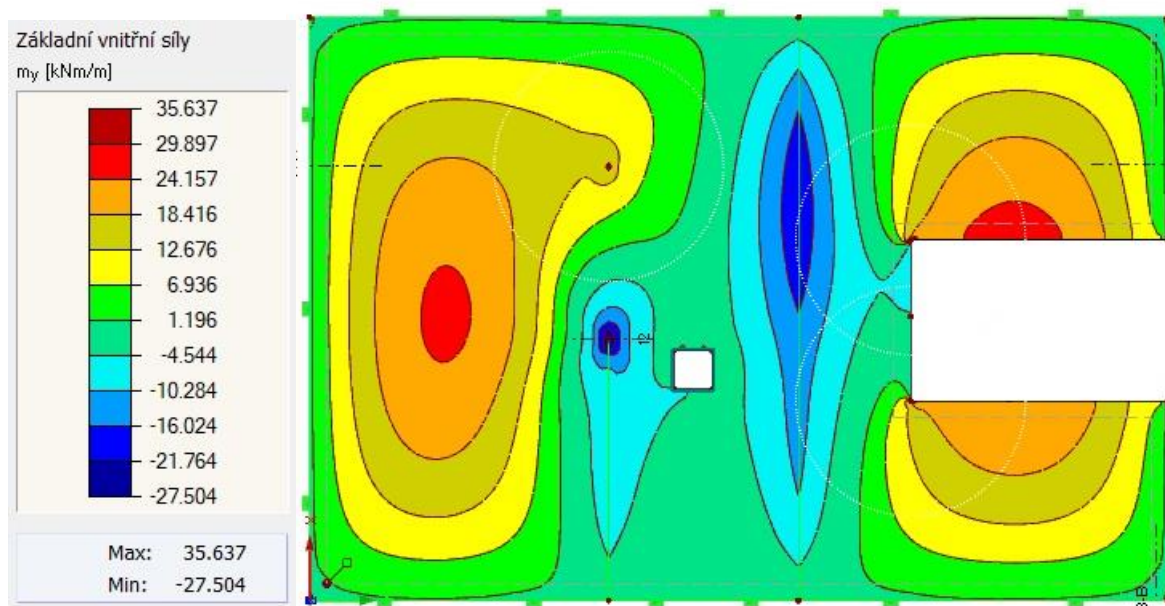
Jelikož jsou obvodové i vnitřní nosné konstrukce zděné uvažují desku prostě uloženou na všech podporách.

4.5.VNITŘNÍ SÍLY

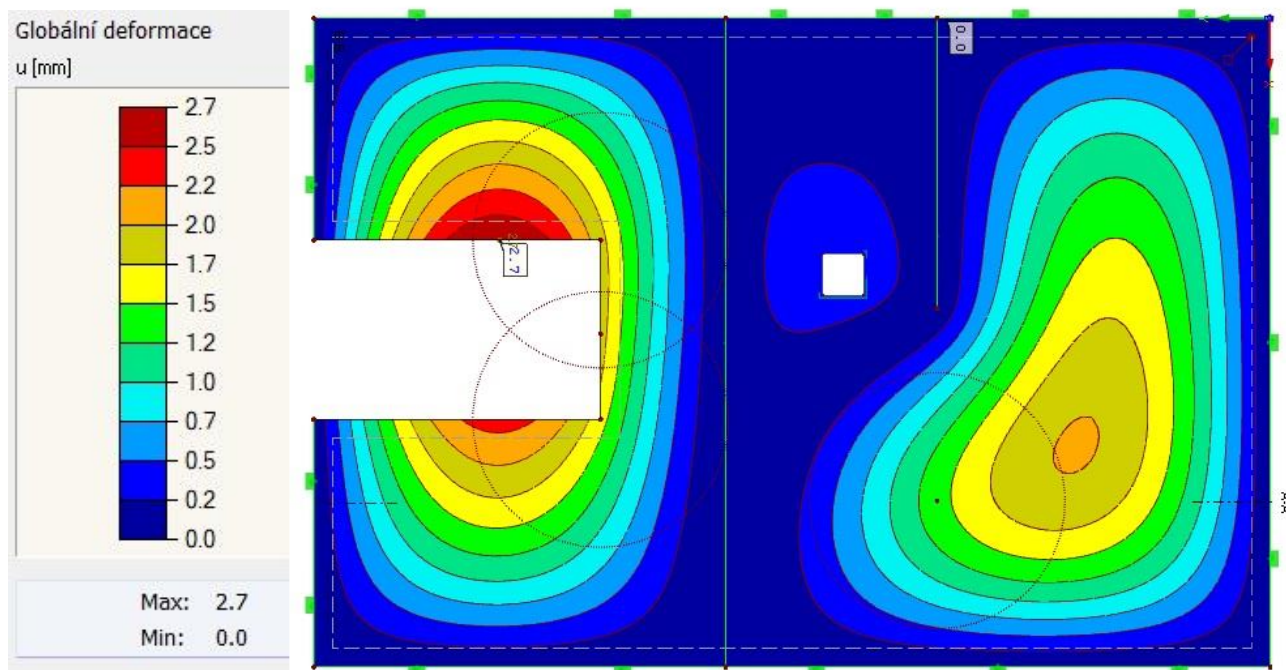
Následující obrázky jsou generovány programem Dlubal RFEM, který byl použit pro výpočet vnitřních sil metodou konečných prvků. Zobrazené základní vnitřní síly (ohybové momenty) slouží pouze pro představu momentových zatížení na desku. Později pro dimenzování bude využito hodnot návrhových vnitřních sil (ohybových momentů), které zahrnují i vliv kroutících momentů.



Obr. 4 Varianta B – výsledky moment M_x



Obr. 5 Varianta B – výsledky moment M_y



Obr. 6 Varianta B – výsledky deformace u

4.6.DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování výztuže desky je věnována příloha P3. *Statický výpočet B2.*

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1 [6].

Návrh výztuže stropní desky D1 je proveden na základě návrhových vnitřních sil z výpočetního programu Dlubal RFEM. Je navržena základní síť při spodním a horním povrchu desky, která je v místech vyššího namáhání doplněna o příložky. Jak základní síť, tak příložky jsou navrženy z ocelových prutů průměru 10 mm.

Dále je navržena smyková výztuž na protlačení u vnitřní stěny, je navrženo devět smykových lišt s pěti trny. Návrh je proveden dle ETA [3].

5. VARIANTA C

5.1.STROPNÍ PANEL

5.1.1.ZATÍŽENÍ

5.1.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA PANEL

- plošné zatížení od skladby podlahy a podhledu

5.1.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA PANEL

- plošné užité zatížení kategorie A
- plošné zatížení příčkami

5.1.2.NÁVRH

Návrhu stropních panelů je věnována příloha P3. *Statický výpočet B3.*

Návrh stropních panelů je řešen empiricky pomocí tabulek výrobce [2].

5.2.STROPNÍ PRŮVLAK

5.2.1.ZATÍŽENÍ


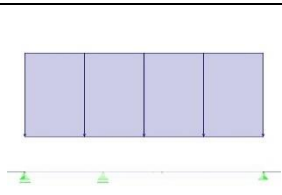


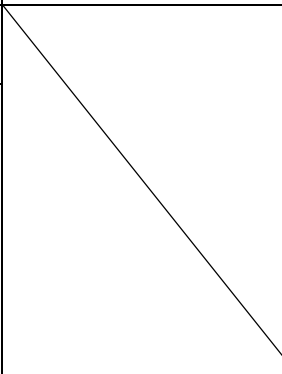
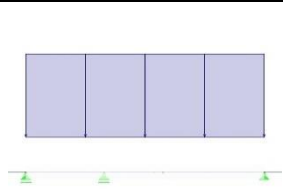


5.2.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK

- zatížení od vlastní tíhy konstrukce
- zatížení od stropních panelů
- zatížení od skladby podlahy a podhledu
- zatížení od krovu

5.2.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK

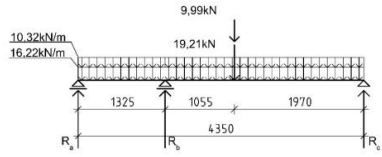
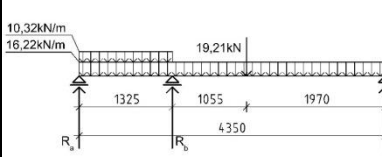
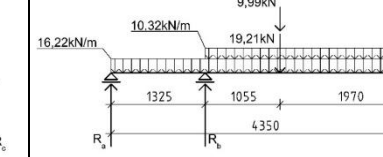
- užitné zatížení kategorie A
- zatížení příčkami
- zatížení sněhem

5.3.ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – VL. TÍHA	ZS2 – STÁLÉ OD PODLAHA	ZS3 – STÁLÉ OD KROVU	ZS4 – UŽITNÉ
			
ZS5 – PŘÍČKY	ZS6 – SNÍH	ZS7 – STÁLÉ OD PANELŮ	
			

5.4.KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použito vztahů 6.10a a 6.10b. dle ČSN EN 1990 [5]. Kombinace jsou voleny tak aby vyvodili nejnepříznivější účinek.

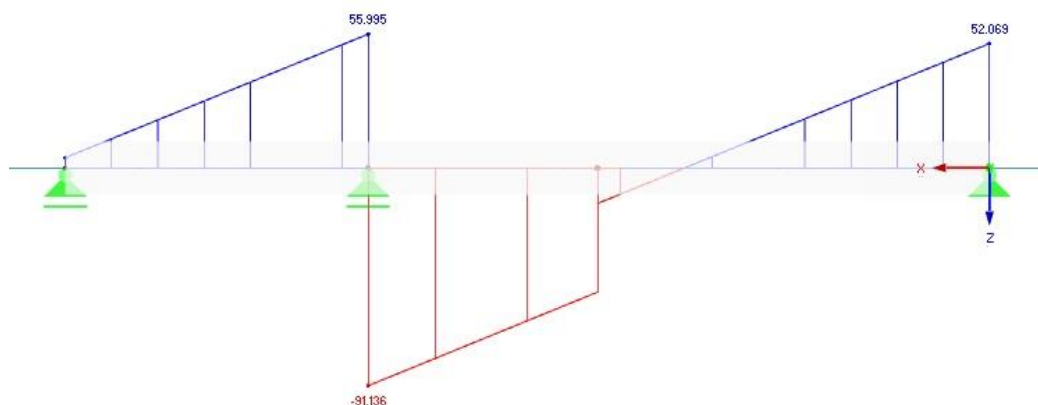
KZ1	KZ2 – ŠACH 1	KZ3 – ŠACH 2
		

5.5.VOLBA MODELU PRŮVLAKU

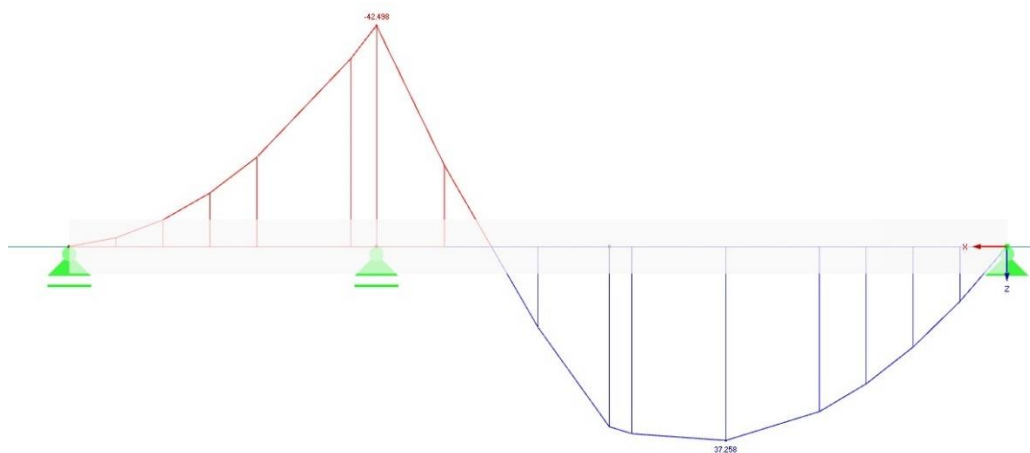
Jelikož jsou obvodové i vnitřní nosné konstrukce zděné uvažují průvlak jako prostě uložený na všech podporách.

5.6.VNITŘNÍ SÍLY

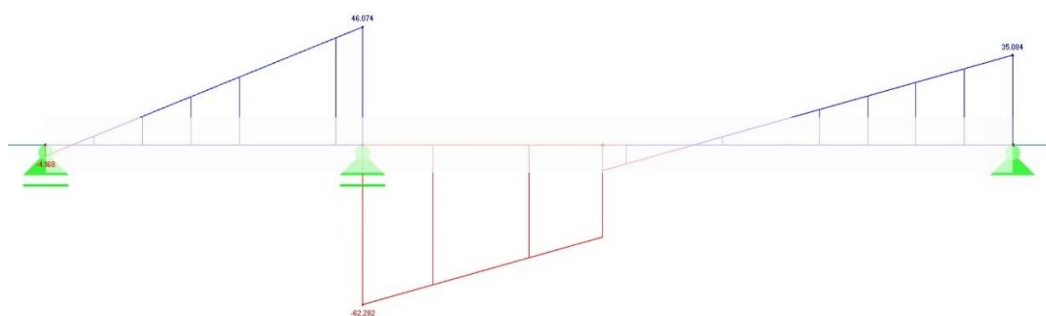
Následující obrázky jsou generovány programem Dlubal RFEM, který byl použit pro výpočet vnitřních sil metodou konečných prvků.



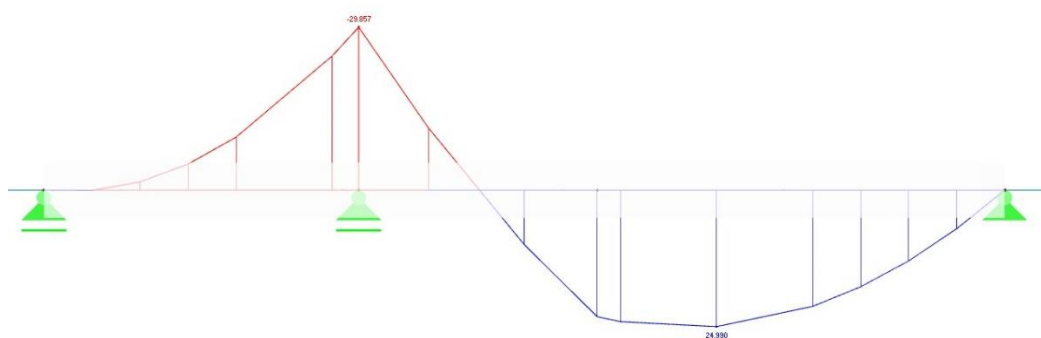
Obr. 7 Varianta C – výsledky posouvající síly na průvlaku kombinace KZ1



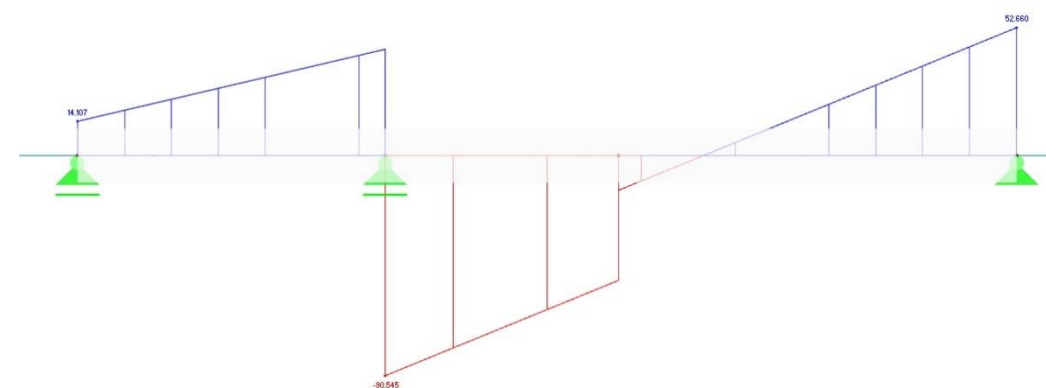
Obr. 8 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ1



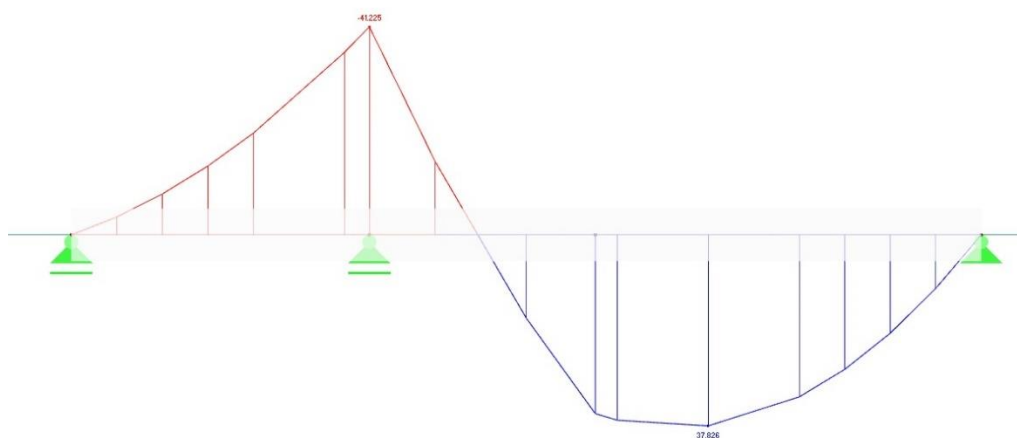
Obr. 9 Varianta C – výsledky posouvající síly na průvlaku kombinace KZ2



Obr. 10 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ2



Obr. 11 Varianta C – výsledky posouvajících sil na průvlaku kombinace KZ3



Obr. 12 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ3

5.7. POROVNÁNÍ S RUČNÍM VÝPOČTEM

Pro ověření výsledků je využito metody třímomentových rovnic [4]. Vybranou ověřovanou zatěžovací kombinací je KZ1, kde je užité zatížení po celé délce průvlaku. Podrobný výpočet je v příloze P3. *Statický výpočet B3*.

Závěrem ručního ověření je zjištění, že rozdíly ve výsledcích jsou minimální a tedy i samotný postup výpočtu je považován za správný. Porovnání vnitřních sil v důležitých místech je k dispozici v následující tabulce.

Umístění	RFEM		Ruční výpočet		% Rozdíl	
	M [kNm]	V [kN]	M [kNm]	V [kN]	M	V
a	0	-11,25	0	-10,62		5,9
b	-42,953	147,071	44,004	146,07	2,44	0,68
bc	37,055		36,52		1,44	
c	0	52,069	0	49,94		4,1

5.8. DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování výztuže průvlaku je věnována příloha P3. *Statický výpočet B3*.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1 [6].

Návrh výztuže stropního průvlaku PR je proveden na základě vnitřních sil z výpočetního programu Dlubal RFEM. Je navržena horní výztuž nad střední podporou pět průměrů 12 mm. Dolní výztuž je navržena v delším poli pět průměrů 12 mm. Do podpor je zataženo nahoře i dole tři průměry 12 mm.

6. POLOŽKOVÝ ROZPOČET

Na první patro a stropní konstrukci je zpracován položkový rozpočet materiálu na všechny tři varianty. Rozpočtům je věnována příloha P3. *Položkový rozpočet*. V rozpočtu není započtena práce, až na bednění a odbednění. Dále také nejsou započteny stroje. Jedná se tedy pouze o cenu materiálu na první podlaží bez základů a izolací. Z rozpočtu vyplývá že nejlevnější je varianta C, druhá nejlevnější je varianta B a nejdražší je varianta A.

7. SCHODIŠTĚ

Jedná se o schodiště mezi 1.NP a 2.NP v navrhované železobetonové stropní desce z varianty B. Schodiště je řešeno jako deska se stupni betonovanými zároveň s deskou. Schodiště bude samostatně stojící železobetonová konstrukce. Nástupní rameno je uvažované jako vetknuté do prvního zvětšeného stupně a prostě uložené do obvodové konstrukce. Výstupní rameno je uvažováno jako prostě uložené do obvodové konstrukce a vetknuté do stropní konstrukce.

7.1.ZATÍŽENÍ

7.1.1.STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA SCHODIŠTĚ

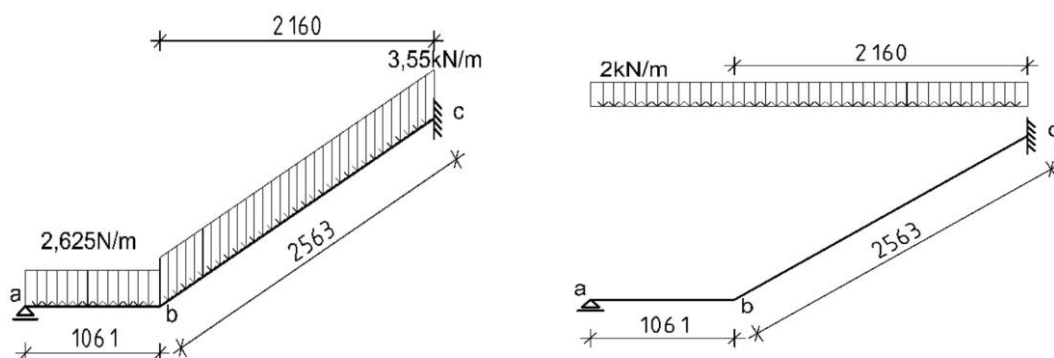
- zatížení od vlastní tíhy konstrukce

7.1.2.PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA SCHODIŠTĚ

- užité zatížení kategorie A

7.2.VOLBA MODELU SCHODIŠTĚ

Jelikož jsou obě ramena schodiště stejná jen zalomená na druhou stranu ve statickém výpočtu se navrhuje jen výstupní rameno.



Obr. 13 Schodiště – model a zatížení schodiště

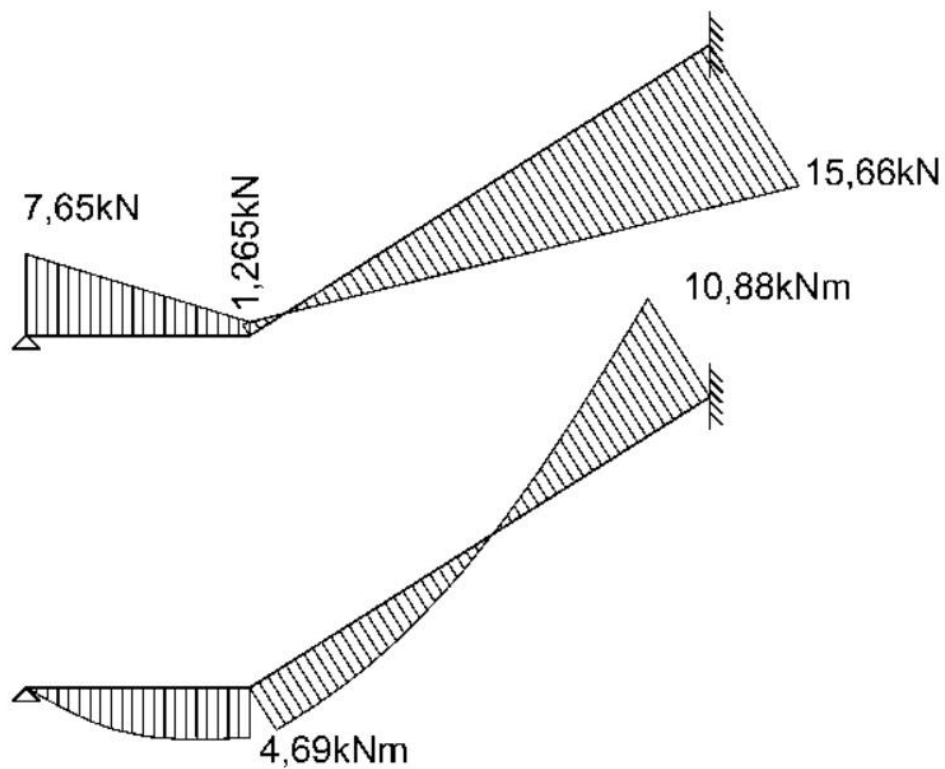
7.3.VNITŘNÍ SÍLY

Budou řešeny ručně pomocí silové metody. Výpočtu je věnována příloha P3. Statický výpočet Schodiště B4.

7.4.KOMBINACE VÝSLEDKŮ

Po zjištění vnitřních sil z charakteristického zatížení, budou provedeny kombinace výsledných sil pomocí kombinačních rovnic 6.10a. a 6.10b. dle ČSN EN 1990 [5].

Z kombinací vyšly následující nejnepríznivější vnitřní síly:



Obr. 14 Schodiště – vnitřní síly

7.5.DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování výztuže schodiště je věnována příloha P3. Statický výpočet schodiště B4.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1 [6].

Návrh výztuže schodiště je proveden na základě vnitřních sil ze silové metody výpočtu.

Je navržena výztuž desky schodiště horní a dolní průměru 10 mm , následně navržena rozdělovací výztuž průměru 10 mm v rameni a průměru 8 mm v podestě.

ZÁVĚR

Cílem práce byl návrh stropních konstrukcí a schodiště v rodinném domě, dále cenové srovnání nákladů na první patro se stropem ve třech variantách.

Výsledkem cenového srovnání je že nejlevnější je varianta s prefabrikovanými stropními panely, druhá nejlevnější je varianta s železobetonovou monolitickou stropní deskou podepřenou vnitřními nosnými stěnami. Nejdražší varianta je železobetonová monolitická stropní deska podepřená vnitřními nosnými sloupy.

Nejdražší varianta, ale oproti nejlevnější nabízí volnou dispozici. Druhá nejlevnější varianta je dispozičně kompromisem mezi zbylými dvěma variantami.

Přínosem této práce bylo získání zkušeností s programem RFEM a dimenzování konstrukce na základě výsledků z něj. Dále také volba vhodného modelu k dané konstrukci a následné zpracování výsledku do statických výpočtu a výkresu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *MAPA SNĚHOVÉHO ZATÍŽENÍ* [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://snehovamapa.cz/>
- [2] *PREFA BRNO* [online]. Brno: Prefa Brno [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/>
- [3] *ŠVAŘÍČKOVÁ IVANA* [online]. Ing. Ivana Švaříčková Ph.D. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm
- [4] KYTÝR, Jiří. *Statika I: řešené příklady*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-868-7.
- [5] *ČSN EN 1990: Eurokod: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [6] *ČSN EN 1992-1-1: Eurokod 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] *YTONG* [online]. Xella CZ [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/>
- [8] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [9] *DEK* [online]. DEK [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/>
- [10] *CEMEX* [online]. Praha: Cemex [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.cemex.cz/>
- [11] *HALFEN* [online]. Praha: Halfen [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Varianta A – výsledky moment M_x</i>	15
<i>Obr. 2 Varianta A – výsledky moment M_y</i>	15
<i>Obr. 3 Varianta A – výsledky deformace u</i>	16
<i>Obr. 4 Varianta B – výsledky moment M_x</i>	19
<i>Obr. 5 Varianta B – výsledky moment M_y</i>	19
<i>Obr. 6 Varianta B – výsledky deformace u</i>	20
<i>Obr. 7 Varianta C – výsledky posouvající síly na průvlaku kombinace KZ1</i>	22
<i>Obr. 8 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ1</i>	22
<i>Obr. 9 Varianta C – výsledky posouvající síly na průvlaku kombinace KZ2</i>	23
<i>Obr. 10 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ2</i>	23
<i>Obr. 11 Varianta C – výsledky posouvajících sil na průvlaku kombinace KZ3</i>	23
<i>Obr. 12 Varianta C – výsledky momentů na průvlaku kombinace KZ3</i>	23
<i>Obr. 13 Schodiště – model a zatížení schodiště</i>	25
<i>Obr. 14 Schodiště – vnitřní síly</i>	25

SEZNAM ZKRATEK

A_s	plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
a	vzdálenost
A_{sw}	plocha smykové výztuže
B	šířka průřezu
c	krytí výztuže betonovou vrstvou
c_{nom}	jmenovitá velikost betonové krycí vrstvy výztuže
c_{min}	minimální velikost betonové krycí vrstvy výztuže
Δc_{dev}	přídavek na návrhovou odchylku
d	účinná výška průřezu
$D1$	stropní deska
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
F_{bd}	mezní napětí v soudržnosti
F_{cc}	výsledná síla v tlačeném betonu
F_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
$f_{ctk;0,05}$	5% kvantil charakteristické pevnosti v tahu
f_{ctm}	průměrná pevnost betonu v tahu
f_d	návrhová hodnota zatížení
F_s	tahová síla ve výztuži
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_{k,j}$	stálé zatížení
h	výška průřezu prvku
k	součinitel výšky průřezu
I	moment setrvačnosti
l_{bd}	kotevní délka výztuže
$l_{bd,min}$	minimální kotevní délka výztuže
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka výztuže
M_{Ed}	návrhový moment
M_{Rd}	momentová únosnost průřezu
m_{xD-}	návrhová hodnota ohybových momentů – směr X – horní povrch
m_{xD+}	návrhová hodnota ohybových momentů – směr X – spodní povrch
m_{yD-}	návrhová hodnota ohybových momentů – směr Y – horní povrch
m_{yD+}	návrhová hodnota ohybových momentů – směr Y – spodní povrch
PR	průvlak
q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
s	vzdálenost podélné výztuže nebo třmínků
s_{min}	minimální světla vzdálenost prutů výztuže
s_{max}	maximální rozteč prutů výztuže

$s_{t,max}$	maximální příčná vzdálenost větví třmínků
u	průhyb
u_0	kontrolní obvod na obvodu sloupu
u_1	kontrolní obvod
u_{out}	kontrolní obvod, ve kterém smyková výztuž není nutná
$V_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$V_{Rd,s}$	únosnost smykové výztuže
x	poloha neutrální osy
z_c	rameno vnitřních sil k těžišti tlačené oblasti
z_c	rameno vnitřních sil k těžišti betonářské výztuže
ZS	zatěžovací stav
ZŠ	zatěžovací šířka
α_1	vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu
α_2	vyjadřuje vliv minimální betonové krycí vrstvy
α_3	vyjadřuje vliv ovinutí příčnou nepřivařenou výztuží
α_4	vyjadřuje vliv ovinutí příčnou přivařenou výztuží
α_5	vyjadřuje vliv účinku ovinutím příčným tlakem
γ	objemová tíha
γ_c	součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
$\gamma_{Gk,j}$	dílčí součinitel pro stálé zatížení
$\gamma_{Qk,j}$	dílčí součinitel pro proměnné zatížení
γ_s	součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
ϵ_{cu3}	mezní poměrné přetvoření betonu
ϵ_s	poměrné přetvoření výztuže
ϵ_{yd}	poměrné přetvoření výztuže na mezi využití
φ	pootočení
λ	redukční součinitel pro beton
v_{min}	minimální smykové napětí
v_{Ed}	smykové napětí
ξ	redukční součinitel
ρ_1	stupeň vyztužení
ρ_w	stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\rho_{w,min}$	minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží
σ_{sd}	návrhové namáhání prutu v místě, odkud se uvažuje kotvení

SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY

D.1.1.1	PŮDORYS 1.NP	1:50
D.1.1.2	PŮDORYS 2.NP	1:50
D.1.1.3	KROV	1:50
D.1.1.4	ŘEZ A-A	1:50
D.1.1.5	ŘEZ B-B	1:50
D.1.1.6	TECHNICKÉ POHLEDY	1:100

P2. VÝKRESY

C.1.1.1	VÝKRES TVARU A	1:50
C.1.1.2	VÝKRES VÝZTUŽE STROPNÍ DESKY D1	1:50
C.1.2.1	VÝKRES TVARU B	1:50
C.1.2.2	VÝKRES VÝZTUŽE STROPNÍ DESKY D1	1:50
C.1.3.1	VÝKRES SESTAVY STROPNÍCH DÍLCŮ	1:50
C.1.3.2	VÝKRES TVARU STROPNÍHO PRŮVLAKU PR	1:25
C.1.3.3	VÝKRES VÝZTUŽE STROPNÍHO PRŮVLAKU PR	1:25
C.1.4.1	VÝKRES TVARU SCHODIŠTĚ	1:25
C.1.4.2	VÝKRES VÝZTUŽE SCHODIŠTĚ	1:25

P3. STATICKÝ VÝPOČET

B1	STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA A
B2	STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA B
B3	STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA C
B4	STATICKÝ VÝPOČET SCHODIŠTĚ

P4. POLOŽKOVÝ ROZPOČET